

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-100281

(P2002-100281A)

(43) 公開日 平成14年4月5日(2002.4.5)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード(参考)

H 0 1 J 1/304
9/02H 0 1 J 9/02
1/30B
F

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全5頁)

(21) 出願番号 特願2001-214626(P2001-214626)

(22) 出願日 平成13年7月16日(2001.7.16)

(31) 優先権主張番号 特願2000-217182(P2000-217182)

(32) 優先日 平成12年7月18日(2000.7.18)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 池田 順司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100094846

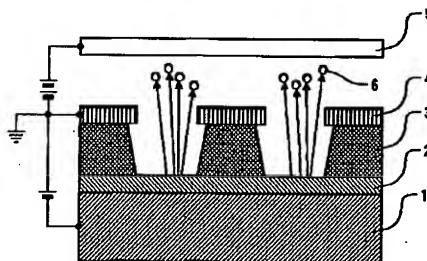
弁理士 細江 利昭

(54) 【発明の名称】 能動型薄膜冷陰極及び能動型薄膜冷陰極の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低電圧でも大電流の引出しが可能な能動型薄膜冷陰極及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 Si基板1の上に窒化硼素膜2が形成され、その上SiO₂層3が形成されており、さらにその上に金属薄膜4が形成されている。そして、SiO₂層3と金属薄膜4には開口部が形成されており、開口部においては窒化硼素膜2が剥き出しになっている。金属薄膜4を接地し、Si基板1又は窒化硼素膜2にマイナスの電位をかける。SiO₂層3の厚さは薄いので、小さな電位差でも大きな電界を生じ、この電界により、窒化硼素膜2より電子6が放出される。放出された電子6は、金属薄膜4と陽極5の間にかけられた電界によって加速されて陽極5に達する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Si基板上に陰極薄膜を具備し、さらに前記陰極薄膜上に絶縁膜を介して引き出し電極膜を具備し、前記絶縁膜と前記引き出し電極膜が、前記陰極薄膜に至る開口を有し、前記基板もしくは前記陰極薄膜と前記引き出し電極膜との間に引き出し電極膜を正極性とする電圧を印加することで前記陰極薄膜から電子を真空中に放出することを特徴とする能動型薄膜冷陰極。

【請求項2】 請求項1に記載の能動型薄膜冷陰極であって、前記陰極薄膜が窒化硼素系薄膜であることを特徴とする能動型薄膜冷陰極。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載の能動型薄膜冷陰極の製造方法であって、Si基板上に陰極薄膜、絶縁層、引き出し電極膜を順に成膜した後、その上に開口となる部分を除いてレジストを成膜し、プラズマによる物理的エッチングでレジストの無い部分の電極膜と絶縁層の一部をエッチングし、その後、液相による化学的エッチングにより、陰極薄膜が露出するまで絶縁層をエッチングすることを特徴とする能動型薄膜冷陰極の製造方法。

【請求項4】 請求項3に記載の能動型薄膜冷陰極の製造方法であって、レジストの厚さを、ドライエッチングが終了したときにレジストが無くなるような厚さとすることを特徴とする能動型薄膜冷陰極の製造方法。

【請求項5】 請求項1又は請求項2に記載の能動型薄膜冷陰極の製造方法であって、Si基板上に陰極薄膜を成膜した後、その上に所望の開口パターンを反転させたパターンを有するレジストを形成し、さらにその上に、絶縁層、引き出し電極膜を順に成膜した後、リフトオフ法により不要な前記絶縁層および前記引き出し電極膜を除去することを特徴とする能動型薄膜冷陰極の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、表示装置、電子顕微鏡や電子線露光装置など電子線を用いる装置に使用するのに好適な冷陰極、特に電子放射材料として炭素系、窒化物半導体を用いた能動型薄膜冷陰極、及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、ダイヤモンドなどの炭素系、および窒化硼素などの窒化物半導体などバンドギャップの大きい半導体を電子放出材料として利用するという動きが活発に展開されている。これはその電子親和力が負になるという特長を活かすことによって、電界放射特性の大幅な改善（電流放射低電界化や大放射電流化）が期待できるためである。

【0003】例えば、Japanese Journal of Applied Physics、36、L463-L466 (1997)に記載の窒化物半導体はマイクロ波プラズマ化学的気相成長法によって成膜された硫黄ドーパの窒化硼素であり、半導体基板上に成膜

された窒化硼素を陰極とし、対向陽極と組み合わせて二極管として動作させ、放射電流を観測している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような二極管方式の薄膜冷陰極は、陰極と対向電極が別の構造体として形成されているので陰極と陽極間の距離が大きくなり、所定の電流を引き出すためには高い電圧をかけなければならないという問題点がある。

【0005】本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、低電圧でも大電流の引き出しが可能な能動型薄膜冷陰極及びその製造方法を提供することを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための第1の手段は、Si基板上に陰極薄膜を具備し、さらに前記陰極薄膜上に絶縁膜を介して引き出し電極膜を具備し、前記絶縁膜と前記引き出し電極膜が、前記陰極薄膜に至る開口を有し、前記基板もしくは前記陰極薄膜と前記引き出し電極膜との間に引き出し電極膜を正極性とする電圧を印加することで前記陰極薄膜から電子を真空中に放出することを特徴とする能動型薄膜冷陰極（請求項1）である。

【0007】本手段においては、開口部分で陰極薄膜が剥き出しになっており、開口以外の部分は引き出し電極膜で覆われている。そして、陰極薄膜と引き出し電極膜の間には絶縁膜が介在し、両者を絶縁している。陰極薄膜と引き出し電極膜との間に引き出し電極膜を正極性とする電圧を印加すると、その電界により、陰極薄膜から電子が真空中に放出される。本手段においては、陰極薄膜と引き出し電極が一体形成されており、その距離が小さいので、低電圧でも大きな電界がかかり、大きな電流を引き出すことができる。

【0008】前記課題を解決するための第2の手段は、前記第1の手段であって、前記陰極薄膜が窒化硼素系薄膜であることを特徴とするもの（請求項2）である。

【0009】陰極薄膜を窒化珪素とした場合、特に低い電圧で大きな引き出し電流を得ることができる。窒化硼素系とは、窒化珪素に他の物質を微量ドーパしたものをいい、特にCをドーパしたものは、薄膜の機械的な安定性が良く、剥がれや亀裂が生じにくい。

【0010】前記課題を解決するための第3の手段は、前記第1の手段又は第2の手段である能動型薄膜冷陰極の製造方法であって、Si基板上に陰極薄膜、絶縁層、引き出し電極膜を順に成膜した後、その上に開口となる部分を除いてレジストを成膜し、プラズマによる物理的エッチングでレジストの無い部分の電極膜と絶縁層の一部をエッチングし、その後、液相による化学的エッチングにより、陰極薄膜が露出するまで絶縁層をエッチングすることを特徴とする能動型薄膜冷陰極の製造方法（請求項3）である。

【0011】Si基板上に陰極薄膜、絶縁層、引き出し電極膜を順に成膜した後、開口部を形成して陰極薄膜を露出される方法としては、液相による化学的エッチングが考えられる。しかし、代表的な絶縁材である SiO_2 を使用する場合、液相による化学的エッチングが異方性エッチングとなるため、後に比較例で示すように、陰極薄膜を有効な面積だけ露出させようとすると、引き出し電極直下の部分がエッチングされすぎ、引き出し電極を支えることができなくなってしまう。

【0012】また、プラズマによる物理的エッチングで開口部を形成しようとする、 SiO_2 のエッチングの終了時に、陰極薄膜がプラズマ中のイオン衝撃によりダメージを受けてしまうという問題点がある。

【0013】本手段においては、まず始めに、プラズマによる物理的エッチングでレジストの無い部分の電極膜と絶縁層の一部をエッチングし、その後、液相による化学的エッチングにより、陰極薄膜が露出するまで絶縁層をエッチングしている、この両者の問題を避けることができ、引き出し電極膜を支えるだけの絶縁層を保ったまま、陰極薄膜が露出するまでエッチングを行うことができ、しかも陰極薄膜がプラズマ中のイオン衝撃によりダメージを受けてしまうという問題点を解消することができる。

【0014】前記課題を解決するための第4の手段は、前記第3の手段であって、レジストの厚さを、ドライエッチングが終了したときにレジストが無くなるような厚さとする特徴とするもの（請求項4）である。

【0015】絶縁層をドライエッチングするとき、レジストも同時にエッチングされる。本手段においては、ドライエッチングが終了したとき、すなわち絶縁層を所定量だけエッチングしたとき、レジストがエッチングされて無くなるようにレジストの厚さを設定している。よって、特別のレジスト除去工程が不要となり、全体の工程が簡単になる。

【0016】前記課題を解決するための第5の手段は、前記第1の手段又は第2の手段である能動型薄膜冷陰極の製造方法であって、Si基板上に陰極薄膜を成膜した後、その上に所望の開口パターンを反転させたパターンを有するレジストを形成し、さらにその上に、絶縁層、引き出し電極膜を順に成膜した後、リフトオフ法により不要な前記絶縁層および前記引き出し電極膜を除去することを特徴とする能動型薄膜冷陰極の製造方法（請求項5）である。

【0017】本手段においては、まず始めに、Si基板上に陰極薄膜を成膜した後、その上に所望の開口パターンを反転させたパターンを有するレジストを形成し、続いて、さらにその上に、絶縁層、引き出し電極膜を順に成膜し、その後、リフトオフ法により不要な前記絶縁層及び前記引き出し電極膜を除去するようにしているの

で、前記第3の手段と同じように、引き出し電極膜を支

えるだけの絶縁層を保ったまま、陰極薄膜が露出するまでエッチングを行うことができ、しかも陰極薄膜がプラズマ中のイオン衝撃によりダメージを受けてしまうという問題点を解消することができる。なお、本手段におけるレジストの厚さは、後に実施の形態の例で説明するように、リフトオフ法を用いるとき、溶剤等が直接レジストに作用してリフトオフ法が可能のように十分厚くしておく必要がある。

【0018】さらに、前記第3の手段においては、液相による化学的エッチングにより絶縁層をエッチングするとき、絶縁層が異方性エッチングされることにより、絶縁層の端部にある程度の傾斜がつくことが避けられないが、本手段によれば、絶縁層の端部をほぼ垂直にすることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の例を図を用いて説明する。図1は、本発明の実施の形態の1例である能動型薄膜冷陰極の例を示す図である。図1において、1はSi基板、2は陰極薄膜である窒化硼素膜、3は絶縁膜である SiO_2 層、4は引き出し電極膜である金属薄膜、5は陽極、6は電子である。

【0020】Si基板1の上に窒化硼素膜2が形成され、その上 SiO_2 層3が形成されており、さらにその上に金属薄膜4が形成されている。そして、 SiO_2 層3と金属薄膜4には開口部が形成されており、開口部においては窒化硼素膜2が剥き出しになっている。

【0021】金属薄膜4を接地し、Si基板1又は窒化硼素膜2にマイナスの電位をかける。 SiO_2 層3の厚さは薄いので、小さな電位差でも大きな電界を生じ、この電界により、窒化硼素膜2より電子6が放出される。放出された電子6は、金属薄膜4と陽極5の間にかけられた電界によって加速されて陽極5に達する。

【0022】本実施の形態においては、陰極薄膜である窒化硼素膜2を用いているので、ダイヤモンド等の炭素系の薄膜を用いた場合に比して、同じ印加電圧で多くの電子を引き出すことができ、電流-電圧特性の良い能動型薄膜冷陰極が得られる。

【0023】なお、窒化硼素膜2の代わりに、少量のCがドーパされた窒化硼素膜を使用すれば、膜の剥がれや亀裂の発生を少なくすることができ、薄膜の機械的な安定性が得られる。なお、金属薄膜4としては、金、タングステン、タンタル等が使用できる。

【0024】以下、図1に示すような能動型薄膜冷陰極の製造方法の例を、図2を使用して説明する。以下の図において、前出の図に示された構成要素と同じ構成要素には、同じ符号を付してその説明を省略することができる。

【0025】まず、Si基板1上に、化学的気相成長法により窒化硼素膜2を成膜する(a)。次に、絶縁膜となる SiO_2 層3をスパッタ等により500nm程度成膜し(b)、その

上に引き出し電極薄膜となる金属薄膜(タングステン)4をスパッタなどにより200nm程度成膜する(c)。この引き出し電極薄膜となる金属薄膜4は、後に行う緩衝フッ酸によるSiO₂層3のウェットエッチングに耐える材料である必要がある。次に、リソグラフィにより開口パターンを有するレジスト5を形成する(d)。次に、金属薄膜4を反応性イオンエッチングによりドライエッチングする(e)。このドライエッチングの条件は、例えば導入ガスとしてSF₆を、20~50sccm、0.8~1.0Pa、RFパワー400~600W程度で使用する。

【0026】エッチングされるべき金属薄膜4が除去された状態になっても、そのまま基板をエッチング環境に置き続ける。こうすることによって、表面に現れたSiO₂層3をエッチングすることができる。このSiO₂層3のエッチングは最後まで行わず、適当なところでエッチングを終了する(f)。上述のドライエッチング条件ではレジスト5も僅かずつエッチングされる。

【0027】(f)においては、レジスト5が僅かに残った状態となっているが、レジスト5の厚さを調整することにより、丁度、SiO₂層3の所定量のエッチングが終了した時点でレジスト5も完全にエッチングされるようにしておけば、レジスト5を除去するための別の工程が不要となる。例えば、レジスト5の厚さを0.5μmとすることによりこのようなことが実現できる。

【0028】最後にSiO₂層3を緩衝フッ酸でウェットエッチングすると、エッチング量が少なく、金属薄膜4下部への横方向エッチング量を最少限に留めることができるために、SiO₂層3が(g)に示すようにエッチングされ、図1に示したような能動型薄膜冷陰極が形成できる。窒化硼素膜2はによってエッチングされないの、露出したまま残る。このように緩衝フッ酸は、SiO₂のみをエッチングして窒化硼素をエッチングしないので、エッチング液として好ましい。

【0029】次に、図1に示すような能動型薄膜冷陰極と同様な構造を有する能動型薄膜冷陰極の他の製造方法の例を図3を用いて説明する。

【0030】Si基板1上に、化学的気相成長法により窒化硼素膜2を成膜する(a)。そして、その上にレジスト7を塗布し(b)、リソグラフィにより所望のパターンの反転パターンを残す(c)。その上にSiO₂などの絶縁膜3を蒸着により0.5μm程度成膜し(d)、続いて金などの引き出し電極膜4を蒸着により形成する

(e)。次にアセトンなどの有機溶剤にディップすることによりレジスト7上に形成された絶縁膜3および引き出し電極膜4はレジスト7ごと除去される(f)。これにより、窒化硼素など表面にダメージを受けやすい薄膜がプラズマに曝されることを回避することができる。さらに、図2に示した製造方法に比して、絶縁膜3の端部を、垂直に近い形に形成することができる。

【0031】いうまでもないことであるが、前記(f)

の工程において、レジスト7上に形成された絶縁膜3および引き出し電極膜4がレジスト7ごと除去されるようにするためには、レジスト7の厚さが十分厚く、(e)に示したように、絶縁膜3および引き出し電極膜4が形成された状態で、レジスト7の側面の上部部分がレジスト7が形成されていない部分の電極膜4の表面より上方に飛び出しており、アセトン等の有機溶剤が直接レジスト7に接触することができるようにされている必要がある。

10 【0032】図4に比較例として、SiO₂層3のエッチングに、反応性イオンエッチングによるドライエッチングを使用せず、緩衝フッ酸によるウェットエッチングのみを使用した場合に発生する現象を示す。図4に示す工程で、(e)までの工程は図2に示した工程と同じである。図4においては、(e)の工程の後に、直ちに緩衝フッ酸によるウェットエッチングによりSiO₂層3をエッチングする。すると、エッチングの進行と共に、金属薄膜4の下側のSiO₂層3がエッチングされて無くなり、(f)に示すように金属薄膜4が浮き上がってしまっ、目的の電極が形成できなくなる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のうち請求項1に係る発明においては、陰極薄膜と引き出し電極が一体形成されており、その距離が小さいので、低電圧でも大きな電界がかかり、大きな電流を引き出すことができる。

【0034】請求項2に係る発明においては、特に低い電圧で大きな引き出し電流を得ることができる。請求項3に係る発明においては、絶縁膜のエッチングを全て緩衝フッ酸によるウェットエッチングに担わせないので、絶縁膜が著しいテーパを形成することが無く、目的とする形状の能動型薄膜冷陰極を安定して形成することができる。

【0035】請求項4に係る発明においては、特別のレジスト除去工程が不要となり、全体の工程が簡単になる。請求項5に係る発明においても、絶縁膜のエッチングを全て緩衝フッ酸によるウェットエッチングに担わせないので、絶縁膜が著しいテーパを形成することが無く、目的とする形状の能動型薄膜冷陰極を安定して形成することができる。しかも、絶縁膜の端部を、ほぼ垂直に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の1例である能動型薄膜冷陰極の例を示す図である。

【図2】 図1に示すような能動型薄膜冷陰極の製造方法の例を示す図である。

【図3】 能動型薄膜冷陰極の他の製造方法の例を示す図である。

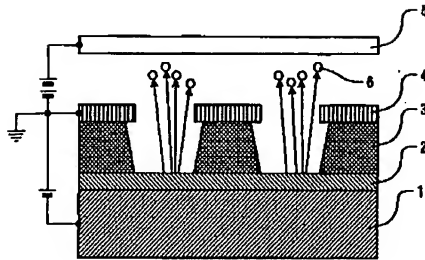
【図4】 比較例である能動型薄膜冷陰極の製造方法の例を示す図である。

【符号の説明】

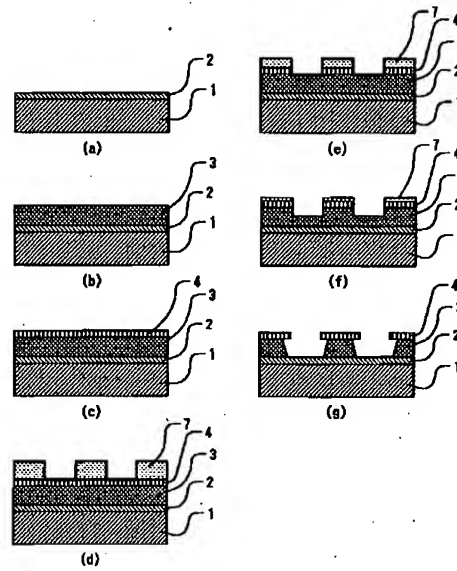
- 1…Si基板
2…陰極薄膜である窒化硼素膜
3…絶縁膜であるSiO₂層

- 4…引き出し電極膜である金属薄膜
5…陽極
6…電子
7…レジスト

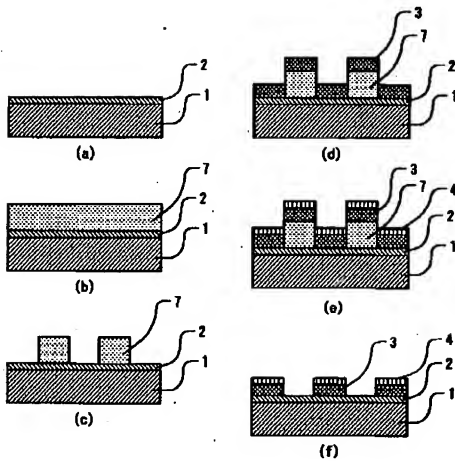
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

